

中华人民共和国国家标准

GB/T 1043.2—XXXX

代替GB/T 1043.2-2018

塑料 简支梁冲击性能的测定 第2部分： 仪器化冲击试验

Plastics—Determination of charpy impact properties—
Part 2: Instrumented impact testing

(ISO 179-2:2020, MOD)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前 言 2

引 言 2

1 范围 2

2 规范性引用文件 2

3 术语定义 2

4 原理 7

5 仪器 7

6 试样 10

7 试验步骤 10

8 结果的计算与表示 11

9 精密度 13

10 试验报告 13

附 录 A（资料性）惯 性 峰..... 15

附 录 B（资料性）机架质量..... 18

附 录 C（资料性）精密度数据..... 19

参考文献 21

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是GB/T 1043《塑料 简支梁冲击性能的测定》的第2部分，GB/T 1043已经发布了以下部分：

——第1部分：非仪器化冲击试验；

——第2部分：仪器化冲击试验。

本文件代替GB/T 1043.2—2018《塑料 简支梁冲击性能的测定 第2部分：仪器化冲击试验》，与GB/T 1043.2—2018相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

——增加了适用情形（见第1章，2018年版的第1章）

——用规范性引用的GB/T 1043.1—20XX替换了GB/T 1043.1—2018（见1.1、1.2、第2章、第3章、5.1.2、第6章、7.2、7.4、8.3、8.4、8.5、和第10章，2018年版的1.1、1.2、1.3、1.4、1.7、第2章、第3章、5.1.2、5.3、第6章、7.2、7.4、8.4、8.5、和第10章）；

——用规范性引用的ISO 13802:2025替换了ISO 13802:1999（见1.2、第2章、5.1.2、5.1.3、5.1.4、5.1.5、5.1.6和8.2，2018年版的1.2、第2章、5.1.2、5.1.3、5.1.4、5.1.5、5.1.6、5.1.7、和8.2）；

——增加了规范性引用 GB/T 2918（见第2章和7.1），增加了规范性引用GB/T 44535（见第2章和5.3）

——更改了载能体的测量范围要求。（见5.1.2，2018年版的5.1.2）；

——增加了使用落锤冲击仪器时速度测定的条款（见5.1.6）；

——更改了力值校准要求（见5.2.1，2018年版的5.2.1）；

——增加了试样状态调节的条件（见7.1，2018年版的7.1）；

——增加了摆锤测量功能核查的方法（见8.3）；

本文件修改采用ISO 179-2:2020《塑料 简支梁冲击性能的测定 第1部分：非仪器化冲击试验》。

本文件与ISO 179-2:2020的技术差异及其原因如下：

——用规范性引用的GB/T 2918替换了ISO 291:2008（见7.1）、GB/T 44535替换了ISO 16102:2015（见5.3），以适应我国的技术条件、增加可操作性；

——用规范性引用的ISO 13802:2025替换了ISO 13802:2015（见1.2、5.1.2、5.1.3、5.1.4、5.1.5、5.1.6和8.2）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由全国塑料标准化技术委员会（SAC/TC15）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2018年首次发布为GB/T 1043.2—2018。

——本次为第一次修订。

引言

GB/T 1043 规定了测定塑料简支梁性能的试验方法，拟由两个部分构成。

- 第 1 部分：非仪器化冲击试验，目的在于描述测定塑料简支梁冲击性能的非仪器化试验方法；
- 第 2 部分：仪器化冲击试验，目的在于描述测定塑料简支梁冲击性能的仪器化试验方法。

塑料 简支梁冲击性能的测定 第2部分：仪器化冲击试验

1 范围

1.1 本文件描述了一种使用力-挠度曲线测定塑料简支梁冲击性能的试验方法。遵循 GB/T 1043.1-20XX 规定的几种不同类型的试样和试验，以及根据不同的材料类型、试样类型和缺口类型而规定的试验参数。

描述了动态效应，例如传感器—冲击刀系统的共振，试样共振以及初始接触与惯性峰之间的关系（见图1中曲线b和附录A）。

1.2 GB/T 1043.1-20XX 适用于只用冲击强度表征冲击行为，并且冲击试验机的势能要与待测试样的断裂能近似匹配（见 ISO 13802: 2025，附录 E）。

本文件适用于使用力—挠度曲线或力—时间曲线详细表征冲击行为，以及用于研制能避免上述提及的能量匹配要求的自动化冲击仪器。

本文件适用于以下情形：

- 获取更多不同材料在冲击条件下的特性；
- 监控冲击试验过程是否正确，例如试样与支撑件是否紧密接触；
- 自动检测破坏类型；
- 避免摆锤式仪器频繁更换摆锤；
- 测量其他 ISO 标准中所述的断裂力学性能。

1.3 通过改变试验环境温度、试样缺口半径、试样厚度以及使用不同条件制备试样等方法可以获得材料的断裂行为的信息。

本文件不涉及解析力—挠度曲线上每个点的形成机理，对该机理的解析方法现仍处于研究阶段。

1.4 只有在试样制备条件和测试条件均相同时，测定的结果才具有可比性。因此，不能用本文件直接预测成品的冲击断裂行为。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1043.1 塑料 简支梁冲击性能的测定 第1部分：非仪器化冲击（GB/T 1043.1-20XX，ISO 179-1:2023, MOD）

GB/T 2918 塑料 试样状态调节和试验的标准环境（GB/T 2918-2018，ISO 291:2008, MOD）

GB/T 44535 塑料 试样线性尺寸的测定（GB/T 44535-2024，ISO 16102: 2015 MOD）

ISO 13802:2025 塑料 简支梁、悬臂梁和拉伸冲击试验用摆锤冲击试验机的检验(Verification of pendulum impact-testing machines—Charpy, Izod and tensile impact-testing)

3 术语和定义

GB/T 1043.1-20XX界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

冲击速度 impact velocity

v_0

当冲击发生时，冲击刀相对于试样支座的速度。

注：单位为米/秒(m/s)。

3.2

惯性峰, inertial peak

力-时间曲线或力-位移曲线上的第一个峰。

注：冲击刀第一次和试样接触后使试样加速，改变试样受接触部分惯性的力而形成的峰（见图1中曲线b，和附录A）。

3.3

冲击力 impact force

F

在冲击方向上冲击刀施加到试样上的力。

注：单位为牛顿(N)。

3.4

挠度 deflection

s

冲击结束后冲击刀相对于试样支座的位移，以冲击刀和试样第一次接触的位置为起点。

注：单位为毫米(mm)。

3.5

冲击能量 impact energy

W

在挠度s时使试样加速、变形和断裂所消耗的能量。

注1：测量方法为计算力-挠度去向下方从冲击起点到挠度s的积分面积。

注2：单位为焦耳(J)。

3.6

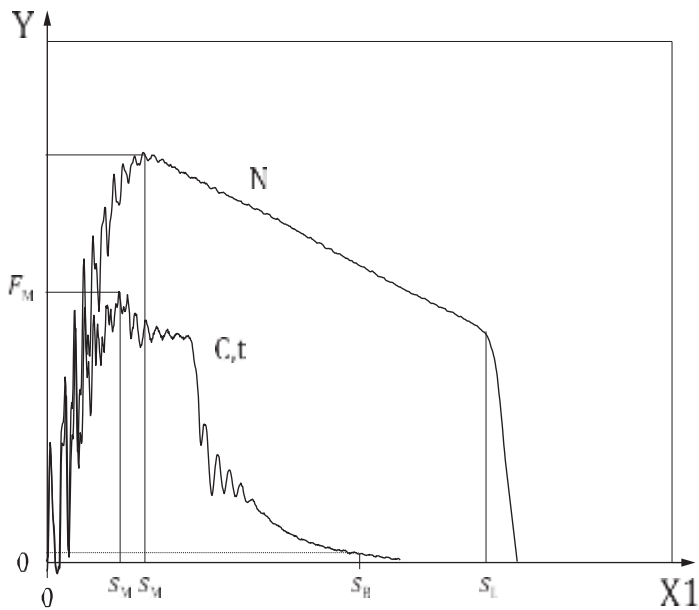
最大冲击力 maximum impact force

F_M

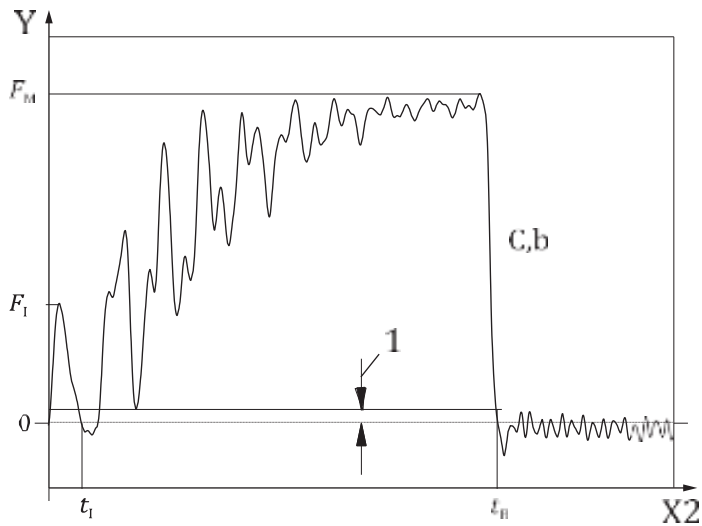
在力-时间或力-挠度曲线上冲击力最大时的力值。

注1：见图1。

注2：单位为牛顿(N)。



a)力-挠度曲线 (N 和 C,t)



b)力-时间曲线(C,b)

标引序号说明:

- X1 ——冲击后挠度，单位为毫米（s）；

X2 ——冲击后时间，单位为毫秒（ms）；

Y ——力（F），单位为牛顿（N）；

FM——最大冲击力；

FL——惯性峰值的力值；

SM——最大冲击力 FM 时的挠度；

SL——极限挠度；

注：破坏类型见图2。
- tB ——断裂时间；

SB ——断裂挠度；

N ——未断裂，试样被滑过；

C,t ——完全破坏，韧性；

C,b ——完全破坏，脆性；

1——5%的最大冲击力。

图 1 典型的力—挠度和力—时间曲线

3.7

最大冲击力挠度 deflection at maximum impact force

S_M

出现最大冲击力 F_M 时的挠度。

注1：见图1。

注2：单位为毫米(mm)。

3.8

最大冲击力能量 energy to maximum impact force

W_M

达到最大冲击力时所消耗的能量。

注1：单位为焦耳(J)。

3.9

断裂挠度 deflection at break

S_B

当冲击力降低到小于或等于最大冲击力 F_M 的5%时的挠度。

注1：见图1。

注2：单位为毫米(mm)。

3.10

冲击断裂能 impact energy at break

W_B

达到断裂挠度 S_B 时所消耗的能量。

注：单位为焦耳(J)。

3.11

简支梁无缺口（缺口）冲击强度 charpy (notched) impact strength

a_{CU} (acN)

相对于无缺口（缺口）试样中部的单位原始横截面积 A (A_0)的冲击断裂能量。

注1：冲击强度用千焦每平方米(kJ/m^2)表示。

注2：见8.4和GB/T 1043.1-20XX的3.1和3.2。

3.12

破坏类型 type of failure

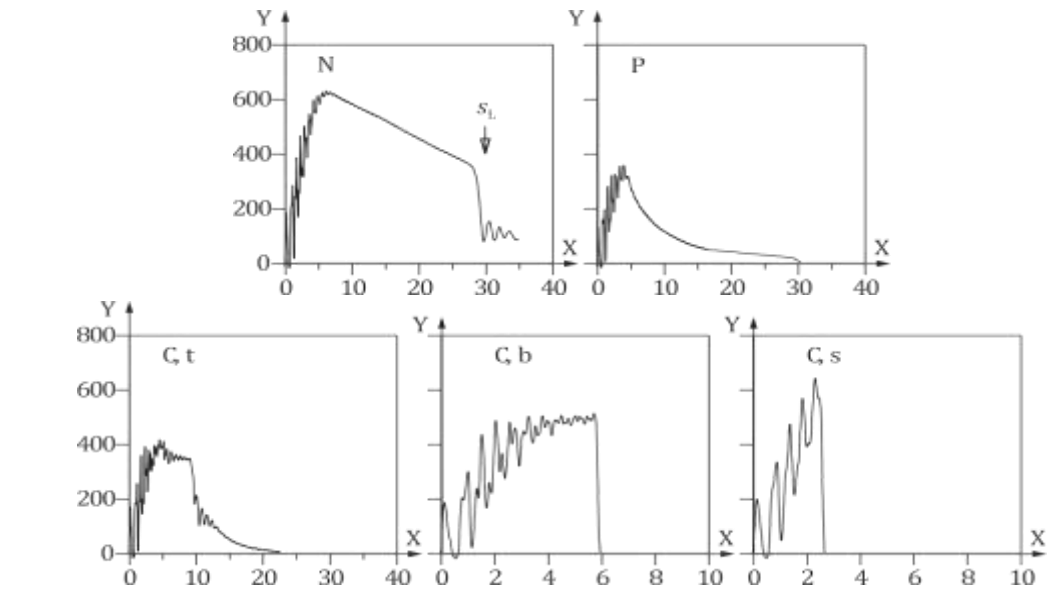
材料在试验时的变形行为的类型。

注1：破坏类型包括完全破坏（3.13）、铰链破坏（3.14），部分破坏（3.15）和不破坏（3.16）见图2。

注2：类型t、b和s是以下定义的完全破坏和铰链破坏的子类型。这些破坏类型的冲击断裂能量值 W_B 和简支梁冲击强度可用相应试验结果的平均值表示。如果一组试样的破坏类型不止一种，见GB/T 1043.1-20XX的7.7条。

注3：在图2中可见，对于碎状破坏（见曲线s）和脆性破坏（见曲线b），断裂时的挠度和冲击能量与最大冲击力时的挠度和冲击能量相同，在最大冲击力处发生裂纹不稳定扩展。

注4：通常，在仅基于力-时间或力-挠度曲线的自动评估中，无法区分完全破坏和铰链破坏。



标引序号说明：

N —— 不破坏（3.16）；
P —— 部分破坏（3.15）；
C —— 完全破坏（3.13）；

s_L —— 极限挠度，拖移起始；
X —— 冲击后挠度 s （单位：毫米）；
Y —— 冲击力（单位：牛顿，N）。

注1：由于试样的变形方式不同，用文件获得的力-变形曲线与用ISO 6603-2获得的曲线存在差异。不同之处在于仪器化落锤试验中的第一个破坏作用后力突然有个轻微的降低（裂纹产生），随后是力逐渐增大。在仪器化的三点弯曲冲击试验中，从未观测到裂纹产生后力的增大。此外，在平板的落锤冲击试验中没有弯曲冲击的惯性效应（见附录A）。

注2：P型和C,t型破坏之间的区分较为困难。图中标记为C,t的F-s曲线表示其存在一定程度的不稳定裂纹扩展，本文件中该破坏行的韧性程度低于P型。因此，使用了字母“t”而非“d”，因为“d”常用于表示韧性，更适合N型和P型破坏。

注3：本文件可用于自动识别断裂形式。为此，需要通过适当方式评估力-时间或力-挠度曲线，自动匹配破坏类型。下面的表格是已成功使用的评估规则示例。挠度和力值规则都必须满足才能进行匹配。

	挠度规则	力值规则
不破坏	$S_B \geq S_L$ $S_L=31\text{mm}$	$F(s_L) \geq c \cdot F_M$ 因子 c 由实验确定，设为 $c=0.3$
部分破坏	$S_B \geq S_L$	$F_0 \leq F(s_L) \leq c \cdot F_M$ F_0 为试验结束时的力，例如， $F_0=0.05 \cdot F_M$
完全破坏	碎状破坏 $(S_B - S_M) \leq 1\text{mm}$	
	脆性破坏 $(S_B - S_D) \leq 2\text{mm}$	
	韧性破坏 $(S_B - S_D) \geq 2\text{mm}$ S_D 为 S_M 后的挠度，即力-挠度曲线下下降最剧烈的地方	

图 2 I 型试样受侧向冲击时不同破坏形式的典型力—挠度曲线

3.13
完全破坏 complete break

C

试样断裂成两块或多块，细分为以下行为：

注1：见图 2。

3.13.1

韧性破坏tough break

屈服之后裂纹稳定扩展，挠度极限 s_L 处的力小于或等于最大力的5%。

3.13.2

脆性破坏

b

屈服之后裂纹不稳定扩展。

3.13.3

碎状破坏splintering break

s

裂纹不稳定扩展，接着是碎裂。

3.14

铰链破坏hinge break

H

不完全断裂，当试件的一部分垂直保持时，另一部分无法在水平面上独立支撑自身（夹角小于 90° ）。

3.15

部分破坏partial break

P

不完整的断裂，不符合铰链的定义，也不属于完全断裂的情况。

注：力-挠度曲线上极限挠度 s_L 处的力大于最大力的5%。

3.16

不破坏non-break

N

屈服后是塑性变形，直至极限挠度 s_L 。

注：试样显示扩展塑性变形，但未见断裂面。

4 原理

用两支座支撑长条状试样接近两端的部位构成一个水平梁，冲击线处于支座的中间部位，试样受到垂直冲击并以恒定的标称速度高速弯曲。在冲击过程中，冲击力被记录为时间和/或挠度的函数。根据评估方法的不同，试样的挠度可以通过合适的测量装置直接测量，或者在能量载体产生无摩擦冲击的情况下，根据初始速度和力作为时间的函数计算。通过上述试验获得的力-挠度曲线可以描述试样在高速弯曲冲击下的行为，从而可以推断出材料的一些性能。

5 仪器

5.1 试验机

5.1.1 基本部件

试验机的基本部件有载能体、冲击刀和配有试样支座的机架。载能体可以是惯性型的（例如摆锤或自由落镖，也可用弹簧或气动辅助等冲击形式），或者是液压型的。

试验机应能确保试样受到垂直于试样长度方向的标称恒定速度的冲击而弯曲。可以测量施加到试样上的力，同时可以推算或测量试样在冲击方向上的挠度。

如果试验机为摆锤式，则应根据ISO 13802:2025第6条和附件A进行校准。

5.1.2 载能体

GB/T 1043.1-20XX（也可参见ISO 13802:2025附录A）规定的低能量型摆锤的冲击速度 V_I 为2.90m/s ±0.15m/s，高能量型摆锤的速度是3.8m/s ±0.2m/s。尽管有时希望采用 $V_I=3.8\text{m/s} \pm 0.2\text{m/s}$ 的速度，但为了使数据与依据GB/T 1043.1-20XX测得的数据具有可比性，本文件的冲击速度应选用2.90m/s ±0.15m/s。

注1：随着冲击速度的增大，惯性峰F1的高度（见图1，曲线b）和随后试样振动的振幅都要增加。关于这些振动的基本知识参见附录A和参考文献【1】和【3】。惯性峰和阻尼振动的详情参见附录A。

注2：对于一些特定的应用，例如要获得预制裂纹试样的冲击性能数据，采用较低的冲击速度（例如1m/s ±0.05m/s）可有助于减小注1中提及的振动。

为了避免材料在测试时的粘弹性行为使测得的数据不具有可比性，如果载能体的能量低于50J，冲击过程中速度的下降不应超过 10%，允许载能体在0%至其额定工作能力的20%之间进行测量。

为了扩大摆锤冲击试验机的应用范围，在所选测试速度下载能体能量大于或等于50J的情况下，允许载能体在0%至其额定工作能力的80%范围内进行测量，这在极端情况下会导致速度下降55%。液压型载能体是配有合适附件的高速冲击试验机。

在使用重力加速的载能体时，上述冲击速度对应的高度分别为43cm ±5cm和74cm ±7cm，如果相同的载能体使用两个不同的速度，后者的冲击动能E增加了1.54倍。

前文所述的冲击过程中允许速度最多下降10%意味着，对于载能体能量小于50J的情况，冲击时动能E（用焦耳表示）应满足式（1）。

$$E/W^* \geq 5 \qquad \dots\dots\dots (1)$$

式中：
 W^* ——最大待测冲击能量（单位为焦耳，见 ISO 13802:2025 中附录 D 及 5.1.2 中注 2）。

应符合 GB/T 1043.1-20XX 中 7.3 要求（见 ISO 13802:2025 中附录 D）。它确保在冲击过程中速度的变化相当于常规的冲击试验，进而冲击强度值可比。其重要性在于塑料是弯曲速率敏感的材料，尤其当温度接近于转变温度时。

5.1.3 冲击刃和试样支座

冲击刃和试样支座应符合ISO 13802:2025附录A的要求，按照ISO 13802:2025中6.3进行校准。

可用于冲击刃的材料是任何耐磨、强度高而不变形，又能将施加到试样上的力传送到测力系统上的材料。

注1：经验表明钢铁通常适用于冲击刃。而像钛金属那样的低密度材料可用于提高力测量装置的固有频率。

注2：在侧向冲击I型试样时，会显示翻转的趋势，其消除的方法是在仪器化冲击刀的刃部前方安装导向部件，这样能避免试样的中部出现大的扭曲。但该导向部件不能安装在冲击刀的刃部。

5.1.4 机架

对于摆锤式冲击试验机，试验机的机架应按 ISO 13802:2025中附录A进行调平。

当使用载能体的动能计算挠度时，机架与载能体的质量之比 m_F/m_C 应不小于10（见附录B和下面的注1和注2）。可直接测量挠度时，该比值仅作为推荐。冲击试验机通常易受到振动的影响，因此机架的重心应落在冲击投影线上。

注1：ISO 13802:2025中附录D建议机架质量与摆锤质量之比要达到40，使得传递到机架上的能量减小到最低。然而在本方法中测定的是施加到试样上的力和试样的挠度，所以传递到机架的任何能量不会影响试验结果。

注2： m_f/m_c 的比值为10是防止在试验后期机架被加速到冲击速度的1%以上（见附录B）。

5.1.5 摩擦损失

如果使用摆锤式冲击机，它要么满足ISO 13802:2025中6.7的要求，要么配备仪器来确定准确的冲击速度， v_I 。

如果使用落锤式或液压型机器，应配备仪器以确定准确的冲击速度， v_I 。

5.1.6 冲击速度的测量

对于不符合ISO 13802:2025中6.7要求的落锤冲击仪器，冲击速度应在距离冲击点不超过25mm的垂直中点距离处测量。

测量冲击速度的距离不得超过15mm，以避免因加速而产生重大影响。

冲击速度的测量应精确到±1%。

测量的速度应通过测量点与冲击点之间的速度增加来修正，见式(2)：

$$v_0 = \sqrt{v^* + 2 \cdot g \cdot \Delta H} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

v_0 —— 冲击速度，单位为米每秒(m/s)；

v^* —— 某点冲击刃的速度，单位为米每秒(m/s)；

ΔH —— 落锤在测速中点和冲击点之间的垂直运动距离，单位为米(m)。

对于落锤式仪器，通过物体垂直运动来工作，瞬时速度可以通过式(3)计算：

$$v_i = v^* + g \cdot t_i - \frac{1}{m} \int_0^{t_i} F(t) dt \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

v_i —— 任意时刻的速度，单位为米每秒(m/s)；

$F(t)$ —— 力，单位为牛顿(N)，在确定 v^* 后，在时刻 t 测量；

t_i —— 自 v^* 的测量时刻起经过的时间，单位为秒(s)；

m —— 载能体的质量，单位为千克(kg)。

用式(2)或式(4)确定冲击速度 v_0

$$v_0 = v^* + g \cdot \Delta t \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

Δt —— 测量 v^* 到冲击时刻之间所经过的时间，单位为秒(s)。

5.2 力和挠度的测量装置

5.2.1 力的测量

采用在冲击刀上安装应变片或压电传感器的方法测量施加在试样上的力，其安装部位要靠近冲击刃，也可以采用其他合适的方法。测力系统的测量精度应不低于所测量最大力值的±1%，该最大冲击力是在测试过程中出现的。力测量系统应按使用时的设置进行校准。校准可以静态进行（例如，对冲刀施加已知载荷），也可以动态进行（见参考文献[4]）。应在精度为读数的±1%的范围内标明力测量系统的工作范围。

冲击试验的测力系统其固有频率 f_n 要比试样在冲击后的共振频率 f_s 高3倍以上（见注1）。

注1：塑料试样的共振频率 f_s 在2kHz~10kHz之间。固有频率 f_n 为30kHz的测力系统通常能适用于塑料测试。 f_s 和 f_n 之间的差别越大，越易于检测到裂纹的起始和扩展。

此外，满足上述要求则可能把试验时试样的振动（见图1，曲线b， t_B 点左侧的记录线和测力系统的振动（ t_B 点右侧的记录线）区分开。有关简支梁冲击试验中出现固有振动的基础知识可参阅参考文献⁽²⁾。

设计测力系统时要考虑能将惯性峰后的负值力减到最小，这样能确保测力系统能快速准确地测量使试样挠曲的力（见注2和注3）。惯性峰后的负值力应不超过惯性峰值的20%。（见图A.2）

注2：受到冲击后测力系统将被激发出固有频率的振动，系统的质量和刚度的设计决定了振动的振幅。在惯性峰后冲击刃和试样脱离接触的期间，如果受激振动的振幅很大，同时有效质量会“拉”测力元件，这样就可能观察到与试样挠曲无关的负值力。

注3：试样的振动（见图1曲线b）以及冲击曲线上的噪音将影响最大冲击力的确定，但对最大冲击力能量或断裂能的确定几乎没有影响。

选用的直流或载频放大器的带宽上限要涵盖测试设备的响应频率。

如果实施了冲击后的滤波处理，应在试验报告中给出滤波器的类型及其基本特性（见第10条的m项）。

惯性峰的持续时间 t_i （见图1，曲线b）一般为0.1ms，随之的振动频率视试样的模量在2kHz~10kHz范围内。为了完整地记录惯性峰，测力系统（瞬时记录器）的采样频率应不低于100kHz。

使用的采样频率（ $\geq 100\text{kHz}$ ）和断裂时间 t_B （ $\leq 13\text{ ms}$ ）决定了用于数据存储容量的大小。

5.2.2 挠度的测量

试样的挠度是时间的函数，其既可以通过对力—时间曲线二次积分计算得出，也可以直接测量得到。

如果直接测量挠度，所用的采样频率要和测量冲击力的频率相同。时间与挠度测量的分辨率要相互匹配。

在大多数情况下，用于测量力与挠度的仪器会在信号传输时间上有差异，导致力—挠度曲线出现偏移。该偏移量与冲击速度成正比。应根据传输时间的差异进行时间平移，以实现时间记录线的同步。

5.2.3 测微计和量规

用千分尺和量规测量试样尺寸，精确至0.02mm。为确定有缺口试样的尺寸 b_N ，应使用适合于缺口轮廓的测量头。对于一般关于试样尺寸测定的信息，见GB/T 44535。

6 试样

试样符合GB/T 1043.1-20XX第6章的规定。

7 试验步骤

7.1 除非相关材料标准另有规定或双方另有约定，试样按照GB/T 2918规定，在温度 $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $50\% \pm 10\%$ 条件下状态调节至少16h。在状态调节环境中进行测试，或者确保状态调节与测试之间的时间间隔足够短，以防止试样的状态发生变化从而机械性能发生改变。对于在低于或高于 23°C 的环境温度测试，应将试样从冷却/加热装置转移到支座上。转移时间（即从冷却/加热装置取出试样到开始测试的时间间隔）不应超过10s。

注：像聚酰胺这样的湿度敏感材料通常在干燥状态下进行测试。从实验室环境中吸收的水分会使干燥的试样表层软化，随着时间的推移会导致冲击强度的增加。研究表明，干燥试样在标准实验室环境条件[GB/T 2918，23/50等级2]中停留30min的时间不会显著改变冲击强度。对于干燥的PA6，在上述标准实验室条件下，存储时间3h其冲击强度的增加不到5%。

7.2 按GB/T 1043.1-20XX中7.2的要求测定试样的宽度和厚度。

- 7.3 根据 5.1.2 的规定核查试验机的冲击速度，依据标准要求使用低能量的惯性型载能体，见 5.1.2。冲击速度准确至±1%。
- 7.4 将载能体放到起始位置。在试样支座上摆放试样，使得冲击刃击打试样的中心部位。安放缺口试样时，应使缺口中央正好位于冲击平面上（见 GB/T 1043.1-20XX 图 1 中 a））。
- 7.5 释放载能体。记录冲击过程中力随时间的变化，如果有位移测量系统，记录试样挠度随时间的变化。
- 7.6 试验结束后，按照 3.12 确认试样破坏类型。

8 结果的计算与表示

8.1 通则

试验结果是力—时间曲线，以及挠度—时间曲线（如果挠度为测量值）。其他结果可以通过对这些数据的计算得出。计算冲击能量时，需要利用随挠度变化的力值。

试样在断裂处的断裂挠度 s_b 和试样在拖移起始时的极限挠度 s_L （见图1，曲线N）的区分可以用试样的长 l 、宽 b 和跨距 L 来判断。对于侧向冲击的1型试样， s_L 的范围在32mm到34mm。

注：在侧向冲击1型试样时，有时会观察到疑似挠度极限，即当冲击力下降到零时挠度值异乎寻常的低（低到只有20mm），然而此时试样并没有断裂。将试验速度降低后会发现，此行为受弯曲和扭曲变形的综合作用影响，试样从侧向翻转到较为稳定的贯层位置。通过检查试验后的试样可以证实该行为，此时试样上的弯曲轴线不是平行而是倾斜于试样的宽度方向。其产生的原因是试样在侧向和贯层冲击方向之间存在高的弯曲刚度比，同时试样轮廓上存在如脱模斜角等微小的不对称性会引发该行为。

8.2 挠度的计算

在载能体施加无摩擦冲击情况下，当试样的挠度不是用位移测量系统直接测量时，可视具体情况（见注1）应用公式(5)或公式(6)从力—时间曲线计算挠度。

注1：如果 W_b/E 的比值（冲击断裂能对摆锤或落锤的能量之比）小于0.2，公式（5）和公式（6）的二重积分项的修正量小于 v_0t 项的5%。

用于水平冲击的摆锤式载能体的公式为：

$$s(t) = v_0t - \frac{L_P \times g}{M_H} \int_0^t \int_0^t F(t) dt^2$$

..... (5)

用于垂直冲击的自由落体式载能体的公式为：

$$s(t) = v_0t - \frac{1}{m_C} \int_0^t \int_0^t F(t) dt^2 + \frac{1}{2}gt^2$$

..... (6)

式中：

- v_0 —— 冲击速度，单位为米每秒（m/s）；
- t —— 冲击后用于计算挠度的时间，单位为秒（s）；
- L_P —— 摆锤的（物理）摆长，单位为米（m）（见 13802:2025，6.2.10）；
- M_H —— 摆锤的水平力矩，单位为牛顿米（N·s）（见ISO 13802:2025，6.2.9）；

$F(t)$ —— 冲击后在 t 时测得的力，单位为牛顿（N）；
 $s(t)$ —— 冲击后在 t 时试样的挠度，单位为米（m）；
 m_c —— 载能体的质量，单位为千克（kg）；
 g —— 当地的重力加速度，单位为米每平方秒（ m/s^2 ）。

注2：对于选定能量的摆锤，随其冲击速度的降低，公式(6)中最后一项（ t ）的相对贡献会增大。

8.3 能量的计算

当得到冲击后同一时刻 t 的力和挠度后，用公式(7)对力-挠度曲线下的面积进行积分以测定达到一定挠度所消耗的能量 W ，用焦耳表示。

$$W_j = \int_0^{s_j} F(s) ds \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中

W_j —— 规定挠度下的能量，单位为焦耳（J）；

j —— 表示力-挠度曲线上的某个点：

断裂点（B），

最高点（M）；

s —— 挠度，单位为米（m）；

F —— 力，单位为牛顿（N）。

注：对水平无摩擦冲击的载能体，可不用测量挠度 $s(t)$ ，而用公式（8）计算能量。

$$W_j = W_{ja}(1 - W_{ja}/4E) \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中 W_{ja} 是能量的近似值，用下式计算。

$$W_{ja} = v_0 \int_0^{t_j} F(t) dt$$

如果测定的冲击能量对载能体能量的比值 W/E 小于0.2，公式（8）中括号内的第2项小于5%。

如果使用的是配备有角度测量装置的摆锤式仪器，则可以通过将仪器测量的直至断裂或直至极限挠度的总能量与根据 GB/T 1043.1 中所述摆锤锤头提升所确定的能量进行比较，来验证测量功能是否正确。

如果两种方法测定的完全断裂材料和韧性材料的能量相差超过 $\pm 5\%$ ，则应重新检查仪器力和挠度的测量装置。

8.4 冲击能量的计算

8.4.1 无缺口冲击试样

用式(9)计算无缺口试样的简支梁冲击强度 a_{cU} ，单位为千焦耳每平方米（ kJ/m^2 ）：

$$a_{cU} = \frac{W_B}{bh} \times 10^3 \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

W_B —— 断裂能，单位为焦耳（J）；

b —— 试样的厚度，单位为毫米（mm）；

h —— 试样的宽度，单位为毫米（mm）。

8.4.2 缺口冲击试样

用式(10) 计算缺口试样的简支梁冲击强度 a_{cN} ，单位为千焦耳每平方米（kJ/m²）：

$$a_{cN} = \frac{W_B}{hb_N} \times 10^3 \dots\dots\dots (10)$$

式中：
N—— 表示缺口类型A，B或C之一（见GB/T 1043.1-20XX的6.1.5）；
W_B—— 断裂能，单位为焦耳（J）；
h—— 试样的宽度，单位为毫米（mm）；
b_N—— 试样的剩余厚度，单位为毫米（mm）。

8.5 统计参数

见GB/T 1043.1-20XX的8.3。
注：标准差等同于双侧均值置信区间：
——当试样数量 n=6 时，对应95%置信区间；
——当试样数量 n=10 时，对应99%置信区间。

8.6 有效数字

所有计算结果的平均值取两位有效数字。

9 精密度

见附录C。

10 试验报告

试验报告应报告以下内容：

- a) 注明引用本文件；
- b) 按 GB/T 1043.1-20XX 中表2的规定，标明所用方法；例如：



- l) 测力系统的固有频率；
- m) 如果使用了冲击后的滤波器，写明其类型和基本特性；
- n) 冲击速度；
- o) 单次测试结果，及其算术平均值和标准偏差或变异系数；
最大力F_M，单位为牛顿（N）；
最大力挠度S_M，单位为毫米（mm）；

最大力能量 W_M ，单位为焦耳（J）；

断裂挠度 s_B ，单位为毫米（mm）；

断裂能量 W_B ，单位为焦耳（J）；

破坏类型。

p) 测得的力—挠度和/或力—时间曲线；

q) 试验日期。

附 录 A

(资料性)

惯 性 峰

在摆锤初次接触试样后，试样的受接触部分（称为接触质量）被加速时要受其惯性的影响，在力—时间或力—位移曲线上形成惯性峰。接触质量和接触刚性决定了惯性峰的峰值力 F_i 和经历的时间 t_i 。试样的接触刚性比弯曲刚性要大得多。对塑料而言，已经发现接触刚性大约是弯曲刚性的7倍。

随着冲击速度的增大，峰值力 F_i 几乎线性地增加，持续时间 t_i 则降低（见图A. 1）。冲击速度大于2m/s时持续时间 t_i 几乎恒定，在此试验条件下可以测试材料的特性。

由于冲击过程中存在弹性成分，冲击曲线通常会出现“跳动”现象。这意味着试样加速后的速度大于冲击速度，致使时间 t_i 后试样和摆锤间脱离接触，图A. 2示意了一个脱离接触后有可忽略的负值力的惯性峰的例子。根据受试材料的阻尼特性，每个冲击试验是由一系列的多次冲击组成。

如果关注于去除惯性效应的影响而测定没有振动的力—挠度曲线，可以将软的阻尼材料（如铅丝或焊丝）放在冲击刃和试样之间。由于这些阻尼材料的塑性变形，可以大幅度地降低力 F_i 和振动的振幅。为有效地衰减惯性峰，阻尼材料的最小厚度要依据无阻尼试验下持续时间 t_i 时的挠度确定。冲击速度为2.90m/s时，该厚度大约为0.4mm。使用阻尼材料时要注意，因下列两个原因使得测定的能量会发生变化。

- 1) 阻尼材料的变形需要消耗能量；
- 2) 特别是脆性材料在有无振动的条件下会显现出不同的断裂行为。

出于本文件的目的，推荐不对“跳动”状振动进行抑制。

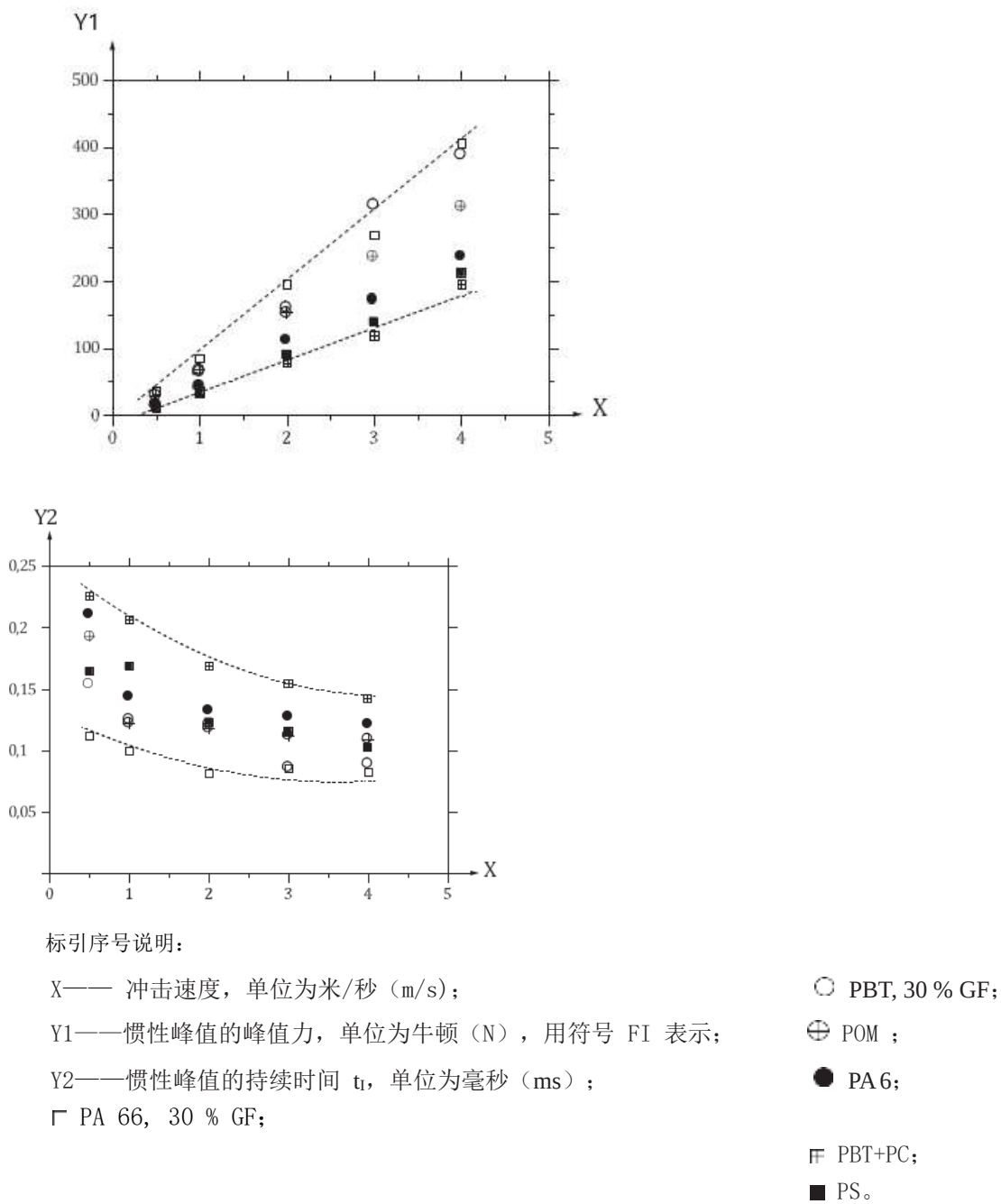
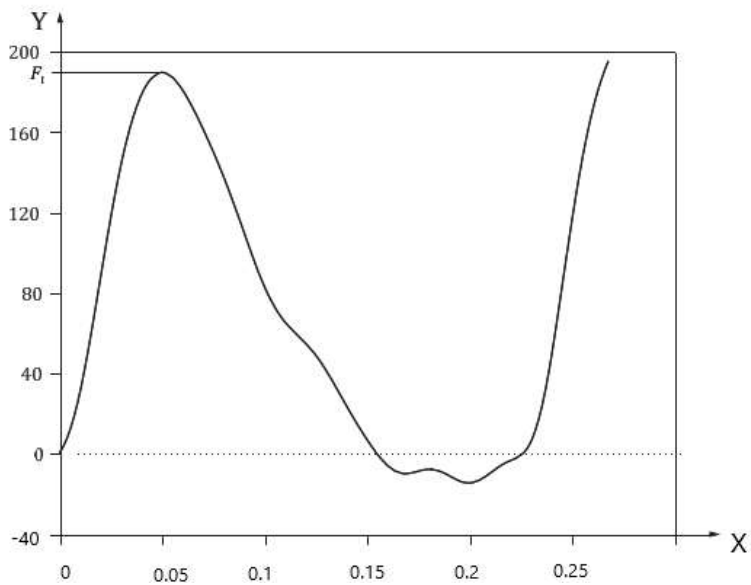


图 1 峰值力 F_I 和惯性峰的持续时间 t_I 是冲击速度的函数



标引序号说明：

X—— 冲击后的时间，单位为毫秒（ms）；

Y—— 力值，单位为牛顿（N）；

F_1 —— 惯性峰的峰值力。

注：惯性峰后的负值力小于 F_1 的 20%。

图 A.2 有惯性峰的力—挠度曲线的实例

附录 B

(资料性)

机 架 质 量

用公式 (B.1) 计算在冲击末期传递到试验机机架的动量 I , 单位千克米每秒 ($\text{kg} \cdot \text{m/s}$)。

$$I = \int_0^{t_B} F dt \approx v_F m_F \quad \dots\dots\dots (\text{B.1})$$

式中:

t_B ——断裂时间, 单位秒 (s);

F ——测定的力, 单位牛顿 (N);

v_F ——机架的最大速度, 单位米每秒 (m/s)。假定在短暂的 t_B 冲击时间内, 机架为自由运动;

m_F ——机架的质量, 单位千克 (kg)。

用公式 (B.2) 能近似地计算消耗的最大能量 (见 8.3 的注释)。

$$W^* \approx I \times v_0 \approx v_F m_F \times v_0 \quad \dots\dots\dots (\text{B.2})$$

式中:

W^* ——最大待测冲击能量, 单位为焦耳 (J);

I ——动量 I , 单位为公斤米每秒 ($\text{kg} \cdot \text{m/s}$);

v_0 ——冲击速度, 单位为米每秒 (m/s);

v_F 、 m_F ——见公式 (B.1) 的示例。

从公式 (B.2), 可得到下式:

$$v_F / v_0 \approx W^* / m_F v_0^2 \quad \dots\dots\dots (\text{B.3})$$

用 k 表示最大功与载能体动能的比值 W/E , 那么:

$$W^* = k \times \frac{1}{2} m_C v_0^2 \quad \dots\dots\dots (\text{B.4})$$

式中 m_C 是载能体的质量。

因此公式 (B.3) 可以写为:

$$v_F / v_0 \approx 0.5k \times m_C / m_F \quad \dots\dots\dots (\text{B.5})$$

如果 $v_F / v_0 \leq 0.01$ 能满足要求, 公式 (B.5) 可以得出以下关系:

$$k \leq 0.02 m_F / m_C \quad \dots\dots\dots (\text{B.6})$$

如果损耗的能量小于载能体能量的 20%, 质量比 m_F / m_C 为 10 的机架将被加速到冲击速度的 1% 以下。

附录 C

(资料性)

精密度数据

C.1 表C.1和C.2是由一种材料在四个实验室的循环试验结果得到的。所有的试验样品由同一实验室制备提供。每个“试验结果”都是10次独立试验结果的平均值。每个实验室得出并报告每个材料的10个试验结果。

C.2 表C.3和C.4是由一种材料在三个实验室的循环试验结果得到的。所有的试验样品由同一实验室制备提供。每个“试验结果”都是10次独立试验结果的平均值。每个实验室得出并报告每个材料的10个试验结果。

C.3 由于材料和实验室数量有限，在C.4节中给出 r 和 R 说明的唯一的目的是采用一个有意义的方法来考量这种试验方法的近似精密度。表D.1到表D.4的数据不应严格地用于材料的接收或拒收，因为这些数据是循环试验特有的而且可能不代表其他的批、条件、材料或实验室。

C.4 表C.1到C.4中“ r ”和“ R ”的概念：如果 S_r 和 S_R 是由足够多的数据计算得出的，并且每个试验结果是10根试样试验的平均值，则适用于下述概念：

a) 重复性（同样材料，同样操作员，用同样的设备在同一天所获得的两次试验结果的比较）：如果两次试验结果间的差值大于该材料的 r 值，应判定为不等效。

b) 再现性（同样材料，不同操作员在不同时间利用不同设备获得的两次试验结果的比较）：如果两次试验结果间的差值大于该材料的 R 值，应判定为不等效。。

对于a)和b)的判定，其正确的概率应近似为95%（0.95）。

表C.1 简支梁缺口冲击强度的精密度

单位：千焦尔每平方米

材料	平均值	S_r	S_R	r	R
PS-HI	13.03	0.099	1.56	0.28	4.36
S_r 实验室内标准差； S_R 实验室间标准差； r 95%重复性限（ $=2.8 S_r$ ）； R 95%再现性限（ $=0.28 S_R$ ）。					

表C.2 冲击断裂能的精密度

单位：焦耳

材料	平均值	S_r	S_R	r	R
PS-HI	0.40	0.004	0.04	0.01	0.11
S_r 实验室内标准差； S_R 实验室间标准差； r 95%重复性限（ $=2.8 S_r$ ）； R 95%再现性限（ $=0.28 S_R$ ）。					

表 C.3 最大冲击力的精密度

单位：牛顿

材料	平均值	s_r	s_R	r	R
PS-HI	193.7	3.62	9.72	10.14	27.23
s_r 实验室内标准差； s_R 实验室间标准差； r 95%重复性限（ $=2.8 s_r$ ）； R 95%再现性限（ $=0.28 s_R$ ）。					

表 C.4 最大冲击力挠度的精密度

单位：毫米

材料	平均值	s_r	s_R	r	R
PS-HI	1.89	0.049	0.06	0.14	0.17
s_r 实验室内标准差； s_R 实验室间标准差； r 95%重复性限（ $=2.8 s_r$ ）； R 95%再现性限（ $=0.28 s_R$ ）。					

参 考 文 献

- [1] ISO 6603-2 Plastics- Determination of multiaxial impact behaviour of rigid piastics Part2:Instrumented puncture test.
- [2] KALTHOFFJ.,F . On the measurement of dynamic fracture toughness - A review of recent work, International Journal of Fracture, 27 (1985), pp. 277-298.
- [3] MAURERG, ., and BREUERH, . Instrumented impact test - Influence of shape and material of the striking fin on the force-time trace, Impact and Dynamic Fracture of Polymers and Composites, ESIS 19 (edited by J.G. Williams and A. Pavan), 1995, Mechanical Engineering Publications, London, pp. 93-102.
- [4] MONEYM, .W., and SIMS, G.D. Calibration of quartz load cells -An in-situ procedure for instrumented falling-weight impact machines, Polymer Testing, 8 (1989), pp. 429-442.